

УДК 621.74 + 583.3

Демин Д.А., Горбенко В.В., Винник И.А.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

## ВОЗМОЖНОСТИ ЗАМЕНЫ ФЕРРОСПЛАВОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ЛЕГИРОВАНИЯ ЧУГУНА, КОМПЛЕКСНОЙ ПРИСАДКОЙ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ

*The change possibility of iron nickel, used for iron alloying, complex addition on  
nickel base.*

*Показана возможность замены ферроникеля, применяемого при выплавке серого чугуна, комплексной легирующей добавкой на основе никеля. Сделан химический анализ, исследована структура и определены механические свойства полученного чугуна. Проведено сравнение механических свойств стандартного и экспериментального образца.*

*The possibility of change iron nickel, used for gray cast iron melting, to complex alloyed addition on nickel base was shown. Chemical analysis, structure and mechanical properties of obtained iron were defined. The mechanical properties of standard and experimental sample were compared.*

Наиболее распространенными конструкционными материалами, которые составляют основу всех современных машин и механизмов являются железоуглеродистые сплавы. В связи с возрастающими требованиями к надежности, повышением удельной энергонасыщенности техники и одновременным снижением их материалоемкости ужесточаются и повышаются требования к эксплуатационным характеристикам чугунов и сталей. Определенные технологические и служебные свойства сталей и чугунов можно получать при количественных изменениях в соотношении структурных составляющих сплавов, варьированием содержания их основных компонентов - углерода, кремния, марганца.

Однако, наиболее эффективным методом комплексного улучшения эксплуатационных характеристик железоуглеродистых сплавов за счет одновременного воздействия на внутреннее строение и свойства фаз является экономное легирование такими металлами, как ванадий, никель, медь, молибден и вольфрам [1,2]. Это позволяет без дополнительных капитальных затрат оказывать значительное воздействие на свойства железоуглеродистых сплавов.

Но несмотря на явные преимущества данного метода увеличение выпуска экономнолегированных сталей и чугунов сдерживается экономическими и ресурсными факторами. Так, например, ванадий, никель и молибден, принадлежащие к основным легирующим элементам, относятся к редким металлам и их содержание в литосфере ограничено [3].

В то же время на многих предприятиях машиностроительного профиля скопилось большое количество твердых отходов, содержащих ценные компоненты, соединения никеля, кобальта, хрома, молибдена, вольфрама и т.д.

Утилизация этих отходов является весьма актуальной задачей: во-первых, это позволит осуществить возврат ценных элементов в производство, во-вторых, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

В Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» на кафедре «Охрана труда и окружающей среды» совместно с кафедрой «Литейного производства» изучена возможность получения комплексной легирующей добавки на основе никеля, полученной после обработки деталей электроэрозионным методом [4].

Химический состав полученной комплексной легирующей добавки приведен в таблице 1.

**Таблица 1. Химический состав полученной лигатуры.**

Лигатура	Массовая доля элементов, %						
	никель	хром	железо	молибден	вольфрам	титан	кобальт
	58,32	14,54	6,64	5,96	3,57	5,17	5,61

Полученная лигатура была применена для легирования чугуна марки СЧ20. Испытания проводились в чугунолитейном цехе ОАО КЛЗ. Базовая технология производства корпусного литья включает в себя получение чугуна марки СЧ20 с использованием в качестве легирующих добавок феррохрома и ферроникеля.

Химический состав базового конструкционного чугуна марки СЧ20 по ГОСТ 1412-85 приведен в таблице 2. Механические свойства СЧ20: предел прочности на растяжение 200-250 МПа, твердость HB170-HB241.

**Таблица 2. Химический состав базового серого чугуна.**

Наименование элементов	Количество, %
Углерод	3,2-3,5
Кремний	1,8-2,3
Марганец	0,5-0,8
Фосфор, не более	0,65
Сера, не более	0,14
Хром	0,20-0,30
Никель	0,10-0,30

Состав шихтовых материалов, применяемых при выплавке чугуна приведен в таблице 3. В экспериментальной плавке вместо ферроникеля использовали полученную легирующую добавку.

**Таблица 3. Шихтовые материалы.**

№ п/п	Наименование материала	ГОСТ	Содержание в шихте, %		Содержание элементов, %				
			№1	№2	C	Si	Mn	Cr	Ni
1.	Чугун литейный, гр. II-III класс А, Б, категория I-IV	4832-80	19	19	3,9	2,3	0,45		
2.	Чугун передельный, гр. II-III класс А,Б, категория I-IV	805-80	19	20,85	4,5	0,9	0,09		
3.	Чугунный лом №1, №2	2787-86	22	24	3,9	2,3	0,5		
4.	Стальной лом №1	2787-86	12,6	12	0,3	0,4	0,5		
5.	Возврат литейного производства		22	22,2	3,4	3,4	0,6		
6.	Ферромарганец класс А, Б	4755-80	0,5	0,5	7		70		
7.	Ферросилиций ФС45	1415-78	0,8	0,6	2	45	0,5		
8.	Феррохром	4757-89	0,45	0,35	1	2		60	
9.	Ферроникель	ТУ48-3-59-84	3,65	-	0,1	0,1	0,1		8
10.	Лигатура		-	0,45	0,3			14	63
	Итого		100	100					

Плавки чугуна проводили в индукционной печи ИСТ - 0,16 в высокотемпературном режиме. Лигатура измельчалась до фракции 1-10 мм. Микролегирование осуществляли путем введения лигатуры на дно ковша перед заполнением его металлом. Химический состав чугуна, легированного феррохромом и ферроникелем (плавка №1) и комплексной лигатурой (плавка №2), приведен в таблице 4.

**Таблица 4. Химический анализ чугуна марки СЧ20.**

Наименование элементов	Количество, %(пл.№1)	Количество, % (пл.№2)
Углерод	3,29	3,45
Кремний	2,28	2,25
Марганец	0,76	0,77
Фосфор, не более	0,062	0,081
Сера, не более	0,124	0,067
Хром	0,27	0,28
Никель	0,24	0,28
Титан	-	0,023
Вольфрам	-	0,016
Молибден	-	0,027

Для испытания предела прочности при растяжении чугуна в одной форме заливали в вертикальном положении шесть заготовок диаметром  $30 \pm 1$  мм и длиной  $340 \pm 2,5$  мм. Из заготовок, не имеющих на рабочей поверхности раковин, неметаллических включений,

трещин рисунок, механических повреждений изготавливали механическим путем образцы для испытаний на разрыв. Испытание проводили по стандартной методике.

Определение твердости проводилось на образцах - клиньях на приборе Бринелля вдавливанием стального закаленного шарика диаметром 10мм. Твердость определялась по величине поверхности оставляемого отпечатка в соответствии со стандартной методикой.

Механические испытания данных образцов: плавка №1 - предел прочности на растяжение 200МПа и твердость HB212, плавка №2 - предел прочности на растяжение 225МПа и твердость HB223.

Были проведены металлографические исследования образцов полученного легированного чугуна по ГОСТ 3443-87: плавки №1,2.

Плавка №1.

Микроструктура: металлическая основа - перлит пластинчатый и сорбитообразный П (ФО) шк.6.

Графит пластинчатой прямолинейной, завихренной формы ПГф1, ПГф2 шк.1А.

Длина включений ПГд 45 шк.1Б. Количество включений графита ПГ10 шк. 1Г. Распределены включения равномерно, наблюдаются участки с междендритным точечным и пластинчатым распределением графита ПГр1, ПГр8, ПГр9 шк. 1В (см. рис1).

Тройная мелкозернистая фосфидная эвтектика ФЭ3 шк. 9А (см. рис. 2) распределена в виде разорванной сетки ФЭр2 шк.9Б. Диаметр ячеек сетки ФЭд1000 шк.9В. Площадь включений фосфидной эвтектики менее ФЭп2000 шк.9Г.

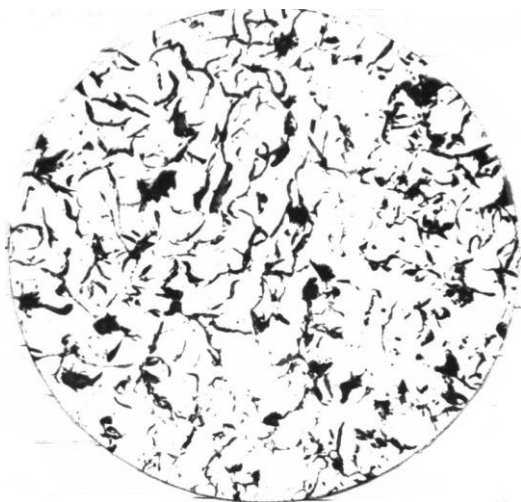


Рис.1. Микроструктура базового чугуна.  $\times 100$

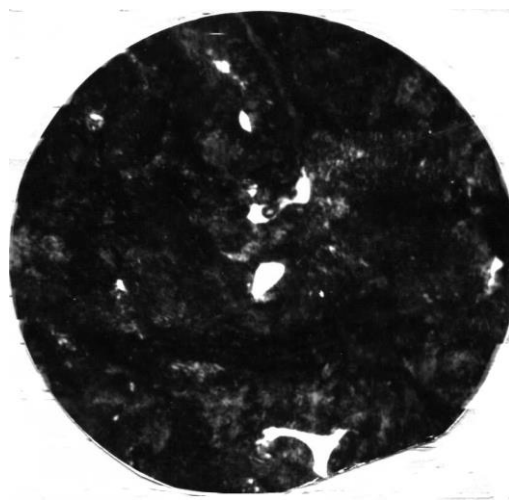


Рис.2. Микроструктура базового чугуна.  $\times 500$

Плавка №2.

Металлическая основа: перлит пластинчатый и сорбитообразный и феррит П96 (Ф4) шк.6.

Графит пластинчатой прямолинейной, завихренной формы ПГф1, ПГф2 шк.1А. . Распределены включения равномерно, имеются участки с междендритным пластинчатым распределением графита ПГр1, ПГр9 шк. 1В.

Длина включений ПГд 45-90 шк.1Б. Количество включений графита ПГ6 шк. 1Г (см.рис.3).

Наблюдается тройная мелкозернистая фосфидная эвтектика ФЭЗ шк. 9А. Распределена эвтектика в виде разорванной сетки ФЭр2 шк.9Б. Диаметр ячеек сетки ФЭд1250 шк.9В. Площадь включений фосфидной эвтектики менее ФЭп2000 шк.9Г (см. рис.4).



Рис.3.Микроструктура опытного чугуна.×100

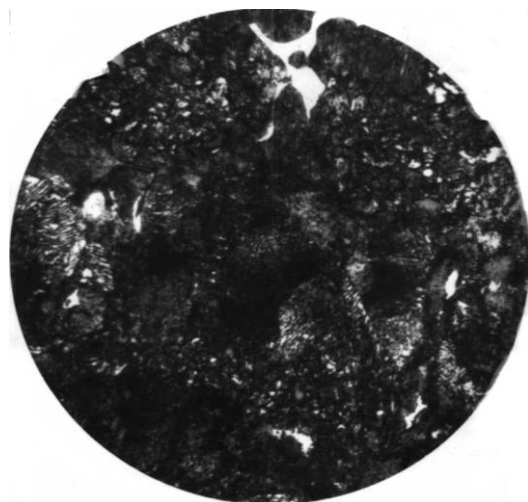


Рис.4.Микроструктура опытного чугуна.×500

На основании вышеуказанных данных можно сделать вывод о том, что после замены ферроникеля и частичной замены феррохрома на полученную лигатуру, при выплавке чугуна марки СЧ20, был получен чугун со структурой подобной базовому чугуну с улучшенными механическими свойствами: предел прочности на растяжение на 12,5% и твердость на 5%.

#### **Используемая литература.**

1. *Бобро Ю.Г.* Легированные чугуны.- М.: Металлургия, 1976.
2. *Справочник по чугунному литью.* Под ред. Н.Г. Гиршовича., М.:Машгиз, 1971г.
3. *Леках С.Н.* Экономное легирование железоуглеродистых сплавов. - Минск.: Наука и техника, 1996.- 172с.
4. *Демин Д.А., Горбенко В.В., Винник И.А.* Оптимизация процесса восстановления продуктов эрозии, полученных после электроэрозионной обработки никелевых сплавов// Процессы литья. № 3, 2001, с.

